

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Rekonstrukce moštovacího lisu s návrhem pohonu a vedení

Reconstruction of a Cider Press Including Design of a Drive and a Slide-way

Student:

Radek Štork

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Štork**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Rekonstrukce moštovacího lisu s návrhem pohonu a vedení**
Reconstruction of a Cider Press Including Design of a Drive and a Slide-way
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Proved'te rekonstrukci stávajícího moštovacího zařízení. Je nutné navrhnout jiný systém vedení a alternativní variantu pohonu. Nakreslete sestavu rekonstruovaného moštovacího zařízení a výrobní výkres rámu s novým vedením.

Seznam doporučené odborné literatury:

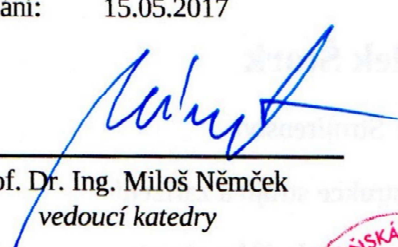
Dejl,Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3
Kaláb,K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
Kaláb,K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3
Leinveber,J.; Vávra,P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7
Bolek,A.; Kochman,J. *Části strojů I*. Praha: SNTL, 1989. 775s. ISBN 80-03-00046-7
Bolek,A.; Kochman,J. *Části strojů II*. Praha: SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8
Normy, katalogy, prospekty a [www-stránky](#) k dané problematice

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě :.....15. 5. 2017.....

.....Radek Štok.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školního díla
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :..... 15. 5. 2017

..... Radek Štork

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radek Štork

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sportovní 362, 783 86, Dlouhá Loučka

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Kunzové, Ph.D. a vedoucímu katedry prof. Dr. Ing. Miloši Němčekovi za cenné rady a připomínky, které mi poskytli při vypracování této práce. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu a trpělivost v době psaní práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠTORK, R. *Rekonstrukce moštovacího lisu s návrhem pohonu a vedení : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2017, 39 s. Vedoucí práce: Kunzová, I.

Tato bakalářská práce se zabývá rekonstrukcí vedení horní lisovací desky a případným návrhem vhodného umístění pohonu. Dále se zabývá pevnostní kontrolou kritických míst. První kapitola se zabývá obecnou definicí, typy a použitím lisů v různých odvětvích průmyslu. Následně byl proveden průzkum, jaká zařízení se používají k výrobě moštu. Konkrétně se tyto kapitoly týkají drtičů na ovoce a různých typů moštovacích lisů. V další části je představen stávající moštovací lis s řešenou problematikou. Následující kapitola se zabývá návrhem dvou způsobů řešení dané problematiky. Pro obě varianty byly provedeny analytickou metodou pevnostní výpočty kritických míst.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠTORK, R. *Reconstruction of a Cider Press Including Design of a Drive and a Slide-way : Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2017, 39 p. Thesis head: Kunzová, I.

This bachelor thesis deals with the reconstruction of the line of the upper pressing plate and possible design of a suitable position of drive. It also deals with strength test of critical sites. The first chapter deals with the general definition, types and use of presses in various branches of industry. Subsequently, a survey was carried out on what facilities are used to produce the must. Specifically, these chapters concern fruit crushers and various types of ciders presses. In the next part an existing press with the solved problem is introduced. The following chapter deals with two ways to solve the problem. For both variants was done was done the strength analysis of critical points have been performed using the analytical method.

Obsah

Seznam použitého značení.....	6
1 Úvod	10
2 Lisy	11
2.1 Definice	11
2.2 Typy	11
2.3 Využití lisů	11
3 Drtiče na ovoce	12
3.1 Ruční drtiče na ovoce	12
3.2 Elektrické drtiče na ovoce	13
4 Moštovací lis	14
4.1 Šroubové lisy	14
4.2 Hydrolisy (vodní lis)	15
4.3 Rámové hydraulické lisy	16
4.3.1 Umístění zvedáku nahoře	16
4.3.2 Umístění zvedáku dole	17
5 Stávající lis	18
6 Návrh vedení lisovací desky	19
6.1 Varianta 1	19
6.1.1 Návrh pohonu	20
6.1.2 Schéma upraveného lisu	21
6.1.3 Kontrolní výpočty pro variantu 1	22
6.2 Varianta 2	33
6.2.1 Kontrolní výpočty pro variantu 2	33
7 Závěr	37
8 Literatura	38
Seznam příloh	

Seznam použitého značení

a	materiálová konstanta	[MPa]
a_1, a_2	nosný průřez svaru	[mm]
b	materiálová konstanta	[MPa]
b_{U120}	rozměr profilu U120	[mm]
d_ξ	průměr čepu	[mm]
d_p	průměr pístu	[mm]
d_2	střední průměr šroubu	[mm]
d'_3	předběžný malý průměr šroubu	[mm]
d_3	malý průměr šroubu	[mm]
f	součinitel tření svěrného spoje	[-]
f_z	součinitel tření mezi závity	[-]
g	tíhové zrychlení	[m/s ²]
h_{U120}	rozměr profilu U120	[mm]
j_{\min}	minimální kvadratický poloměr průřezu	[mm]
k	bezpečnost svěrného spoje	[-]
k_s	statická bezpečnost	[-]
k_{TET}	vzpěrná bezpečnost	[N]
k_3	čelní převodní součinitel svaru	[-]
k_4	boční převodní součinitel svaru	[-]
l_ξ	délka čepu	[mm]
l_1, l_2	účinná délka svaru	[mm]
m	hmotnost	[kg]

m_{dd}	hmotnost dřevěné desky	[kg]
m_{hv}	hmotnost hydraulického válce	[kg]
m_{od}	hmotnost ocelové desky	[kg]
m_v	hmotnost vedení	[kg]
$p_{\check{c}}$	otlačení čepu	[MPa]
$p_{\check{c}D}$	dovolené otlačení čepu	[MPa]
p_d	tlak lisovací desky	[MPa]
p_L	lisovací tlak	[MPa]
B_{U120}	rozměr profilu U120	[mm]
F_a	zatěžující axiální síla	[N]
F_{KR}	kritická síla	[N]
F_L	lisovací síla	[N]
F_N	normální síla	[N]
F_o	osová síla ve šroubu	[N]
H_{120}	rozměr profilu U120	[mm]
J_{min}	minimální kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
L	délka horních příčniců	[mm]
L_{VZP}	vzpěrná délka	[mm]
M_k	krouticí moment	[N · mm]
M_o	ohybový moment	[N · mm]
$M_{oFL/2}$	ohybový moment svaru	[N · mm]
P	stoupání závitu	[mm]
R	síla zatěžující jeden čep	[N]

R_e	mez kluzu	[MPa]
S_d	plocha lisovací desky	[mm ²]
S_p	plocha průřezu pístu	[mm ²]
S_{SV}	plocha svaru	[mm ²]
S_{U80}	plocha průřezu profilu U80	[mm ²]
S_3	plocha průřezu jádra šroubu	[mm ²]
W_k	modul průřezu v krutu	[mm ³]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
W_{osv}	modul průřezu v ohybu svaru	[mm ³]
α	úhel profilu závitu	[°]
β	koeficient zohledňující vliv neznámého krutu	[-]
λ_m	mezní štíhlost	[-]
λ_ξ	štíhlostní poměr	[-]
φ'	redukovaný třecí úhel	[°]
ψ	úhel stoupání závitu	[°]
σ_{Do}	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_{max}	maximální napětí	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_{red}	redukované napětí	[MPa]
σ_t	napětí v tahu	[MPa]
σ_T	kritické napětí podle Tetmayera	[MPa]
σ_{tl}	napětí v tlaku	[MPa]
τ_k	napětí v krutu	[MPa]

$\tau_{\parallel} \frac{F_L}{2}$	smykové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\perp} \frac{F_L}{2}$	ohybové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\parallel D}$	dovolené smykové napětí	[MPa]
$\tau_{\perp D}$	dovolené ohybové napětí	[MPa]

1 Úvod

Moštovací lisy s hydraulickým pohonem jsou určeny pro získávání ovocné šťávy z většího množství ovocné drtě. Lis, na který je zaměřena tato bakalářská práce, je předělaný ruční šroubový lis na lis s hydraulickým pohonem. Jedná se o lis domácí výroby. K nastavení výšky lisovací desky, podle množství lisovaného ovoce, se využívá původní šroub z ručního šroubového lisu. Lisovací síla je zde vyvíjena pomocí hydraulického válce, který je poháněn hydraulickou jednotkou. Ta je tvořena nádobou na olej, elektromotorem a čerpadlem, který vytváří dostatečný tlak pro lisování většího množství ovocné drtě. Řešená problematika se týká opravy vedení horní lisovací desky. Vedení a fixaci desky ve vodorovné poloze při lisování zajišťují silonová kolečka. Ta se však časem opotřebovala a nezajišťují tak při lisování přesné ustavení desky ve vodorovné pozici. Dále v řešené problematice je i změna umístění hydraulického válce a jeho uchycení k základnímu rámu. Součástí práce je i rešeršní průzkum z oblasti používaných zařízení pro výrobu moštu. Tento průzkum se týká drtičů na ovoce jako prvotní příprava ovocné drtě. Dále pak různých druhů moštovacích lisů rozdělených podle způsobu pohonu a jakého objemu dosahují nádoby na ovocnou drť.

Cílem práce je návrh vhodné opravy vedení horní lisovací desky s případným návrhem vhodnějšího umístění zdroje lisovací síly. Dále je potřeba provést pevnostní kontrolu míst a dílů, které budou nejvíce namáhány při lisování. Snaha je ponechání původního rámu s minimálními úpravami a dále použití stávající pohonné jednotky.

2 Lisy

2.1 Definice

Lis je tlakový tvářecí stroj určený k výrobě produktů, jejíž výroba vyžaduje stlačení materiálu, aby se dosáhlo požadovaného tvaru. Výrobní postup se nazývá lisování.

Lis působí tlakovou silou na stlačované těleso. To se následkem síly deformuje a mění tvar. Lisy se dělí do skupin podle druhu energie, kterou využívají (ruční lis, hydraulický lis, pneumatický lis, mechanický lis), podle své stavby (horizontální, vertikální) nebo způsobu užití (ovocný lis, paketovací lis, apod.). Velikost lisů je různá, od malých hodinářských lisů až po velké tiskařské lisy. [1]

2.2 Typy

Podle mechanismu používaného k přenosu energie se lisy dělí na:

- mechanické,
- hydraulické,
- pneumatické,
- klikové,
- vřetenové [1].

2.3 Využití lisů

Lisovací zařízení lze využít v mnoha odvětvích průmyslu, například:

- potravinářství – získávání šťávy z ovoce a zeleniny,
- strojírenství – tvarování různých strojních výrobků lisovaných ve formě, vzájemné spojování součástí bez změny tvaru,
- odpadové hospodářství – stlačování objemného odpadního materiálu (rostliny, autovraky, apod.),
- polygrafie – tisk novin, knih, časopisů [1].

3 Drtiče na ovoce

Před každým moštováním je potřeba celé ovoce rozdrtit na ovocnou drť. Tím se zaručí, že z ovoce bude získáno co největší množství ovocné šťávy. K tomu se využívají drtiče na ovoce.

Drtiče na ovoce se vyrábí v provedení:

- ruční,
- elektrické.

3.1 Ruční drtiče na ovoce

Konstrukce tohoto typu drtiče je velice jednoduchá. Na ocelovém rámu je upevněna násypka z nerezového plechu a dva silonové válce. Na obvodu válců jsou rozmístěny nerezové hřeby. Jako pohon slouží převod ozubenými koly, které jsou poháněny klikou.

Otáčením kliky se roztáčí ozubená kola společně se silonovými válci. Nerezové hřeby na válci zachytávají ovoce z násypky a současně ho drtí.



Obr. 3.1 Ruční drtič na ovoce [2]

3.2 Elektrické drtiče na ovoce

Konstrukce tohoto typu drtiče je obdobná jako u ručních drtičů. Skládají se z ocelového rámu, na kterém je umístěna objemnější násypka z plechu a dva silonové válce s hřeby. Válce jsou uloženy v kluzných ložiskách. Jako pohon slouží elektromotor, který přes řemenový převod pohání pár ozubených kol. Válce s hřeby jsou spojeny s ozubenými koly a při otáčení dochází k zachytávání ovoce a k jeho drcení. Řemenový převod a převod ozubenými koly musí být u elektrických drtičů z důvodu bezpečnosti zakrytý krytem.



Obr. 3.2 Elektrický drtič na ovoce [3]

Elektrické vertikální drtiče se skládají z nerezové násypky, nožové hlavy a elektromotoru. Nožová hlava je přímo poháněna přes drážkovanou hřídel elektromotoru. Při údržbě je potřeba dbát na správný postup montáže. Motor se musí otáčet ve směru ostří, aby nedošlo k povolení středového upínacího šroubu.



Obr. 3.3 Vertikální elektrický drtič na ovoce [4]

4 Moštovací lis

Moštovací lis je zařízení, kterým se získává ovocná šťáva z předem rozdrceného ovoce působením tlaku.

Základní typy lisů

Podle způsobu vyvození lisovací síly se moštovací lisy dělí do tří základních skupin:

- šroubové lisy,
- hydrolisy (vodní lis),
- rámové hydraulické lisy. [5]

4.1 Šroubové lisy

Otáčením hlavy s maticí na středovém šroubu dochází k vytvoření lisovací síly. Přes dřevěné vymezovací hranoly a tlačnou desku je tato síla přenesena na lisované rozdrcené ovoce. Dřevěné díly jsou vyrobeny z tvrdého bukového dřeva. Plastová sběrná mísa je připevněna na ocelové základně. Základnu lisu tvoří kruhový podstavec se třemi nohami, na kterých jsou otvory sloužící k ukotvení lisu. Na plochy lisu, které jsou ve styku s ovocem, je nanесena zdravotně nezávadná barva vhodná pro styk s potravinami.

Košé šroubových lisů mají objem do 30 l. Velikost lisovací síly závisí na síle, kterou dokáže vyvinout naše tělo. Značnou výhodu mají lisy konstruované s pákou na obě ruce. Lze tak působit větší silou na centrální utahovací šroub.



Obr. 4.1 Ruční šroubový lis [6]

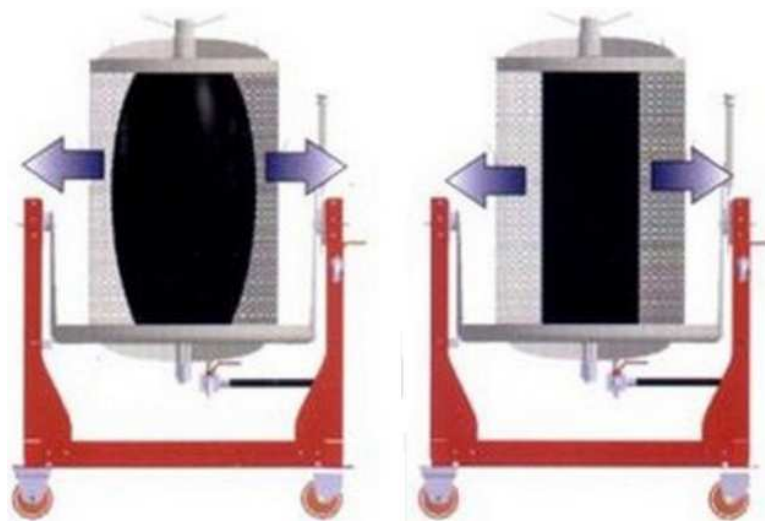
4.2 Hydrolisy (vodní lisy)

Hydrolisy využívají tlakovou vodu, popřípadě tlak vzduchu, pro vytvoření lisovacího tlaku. Toto médium plní gumový vak uvnitř válcového koše uzavřeného víkem. Při lisování se gumový vak rozpíná a tlačí lisované ovoce na vnitřní stěnu nádoby. Maximální lisovací tlak je 2,5 - 3 bary. Proti překročení maximálního tlaku je lis vybaven pojistným ventilem. Lis se skládá z pevného rámu, vyklápěcí kolébky a perforovaného koše s víkem. Vyklápěcí kolébka se dá pro snadné vyprazdňování zajistit ve vyklápěcí poloze. Všechny kovové díly jsou vyrobeny z nerezového materiálu. [7]

Objem koše u lisů tohoto typu se na trhu vyskytuje v rozmezí 20 l až 250 l. Lisovací tlak u hydrolisů se pohybuje v rozmezí 1,5 až 3 bary. Maximální velikost lisovacího tlaku závisí na konstrukci a stáří lisu.



Obr. 4.2 Hydrolis [8]



Obr. 4.3 Řez hydrolisu [7]

4.3 Rámové hydraulické lisy

Rámové hydraulické lisy na ovoce využívají pro vyvinutí lisovacího tlaku hydraulický automobilový zvedák nebo u větších lisů hydraulický válec. Rám hydraulického lisu musí být dostatečně pevný a robustní. Hydraulický zvedák (popř. hydraulický válec) může být umístěn nahoře nebo dole.

Objem lisovacího koše u rámových hydraulických lisů se pohybuje od 12 l do 70 l. Velikost lisovací síly závisí na použitém automobilovém zvedáku nebo hydraulickém válci. U menších lisů, do objemu 30 l, se používá zvedák na 2 tuny. U větších lisů o objemu 50 l až 70 l se používá zvedák na 5 tun. Při použití hydraulického válce je lisovací síla až 8 tun.

4.3.1 Umístění zvedáku nahoře

Zvedák je v tomto případě umístěn nahoře nad košem na lisovací desce. Koš vyrobený z bukového dřeva společně s plastovou nebo ocelovou sběrnou mísou je umístěn na ocelové základně svařené z normalizovaných profilů. Při lisování se píst zapře o horní část rámu a tlačí lisovací desku směrem dolů a stlačuje rozdrcené ovoce. [9]



Obr. 4.4 Rámový hydraulický lis – zvedák nahoře [10]

4.3.2 Umístění zvedáku dole

U tohoto lisu je hydraulický zvedák umístěn pod ocelovou základnou, na které je umístěn koš lisu vyrobený z bukového dřeva společně s plastovou sběrnou mísou. Ocelová základna je posuvně uložena na rámu lisu. Zvedák zvedá celý koš proti lisovací desce umístěné v horním ramenu rámu lisu. Poloha lisovací desky je nastavitelná podle množství ovoce v koši lisu. [9]



Obr. 4.5 Rámový hydraulický lis – zvedák dole [11]

5 Stávající lis

Stávající lis je předělaný ruční šroubový lis na lis s hydraulickým pohonem. Základní rám lisu je vyrobený jako svařenec z normalizovaných U-profilů. K základní nosné konstrukci jsou přišroubovány pojezdové lože pro vozík s rozdrčeným ovocem. Pohybový šroub z původního šroubového lisu slouží k nastavení výšky horní lisovací desky. Vedení lisovací desky zajišťují silonová kolečka, která by se měla odvalovat po vertikálním U-profilu.

Pohon lisu zajišťuje hydraulická jednotka tvořená nádobou na olej s čerpadlem od firmy Brevini. Čerpadlo je poháněno motorem od firmy Siemens. Tato jednotka pohání hydraulický válec umístěný na rámu pod vozíkem s ovocem. Hydraulický válec je na místě uchycen pomocí držáku s objímkou svařeného z normalizovaných profilů.

Rám vozíku na ovoce je vyrobený jako svařenec z ocelových pásů. Z důvodu velkého tlaku je vozík v místě kontaktu s pístem vyztužen. Uvnitř rámu vozíku je zasazena ocelová sběrná mísa s výlevkou. Sběrná mísa je vyrobená z nerezového plechu. Snadnější posun vozíku po rámu je umožněn kuličkovými ložisky, která slouží jako kolečka.

Při moštování se vozík s rozdrčeným ovocem zatlačí po pojezdovém loži přímo pod lisovací desku. Přesné ustavení vozíku proti lisovací desce zajišťují zarážky na vozíku a na rámu. Pomocí hydraulického válce umístěného pod vozíkem se vozík zvedne proti lisovací desce, která je nastavena do určité výšky podle množství lisované ovocné drtě. Výhodnější je lisování většího množství ovoce, které se dává do textilního sáčku. To umožňuje naskládání více pater s ovocnou drtí proložených dřevěnými rošty a tím lisování většího množství ovoce na jeden zdvih.

Toto řešení umístění hydraulického válce není příliš praktické. Vozík při lisování leží pouze na ploše pístu, která není příliš velká. Je tedy potřeba vozík při lisování přidržovat, aby se nepřevrhl.

6 Návrh vedení lisovací desky

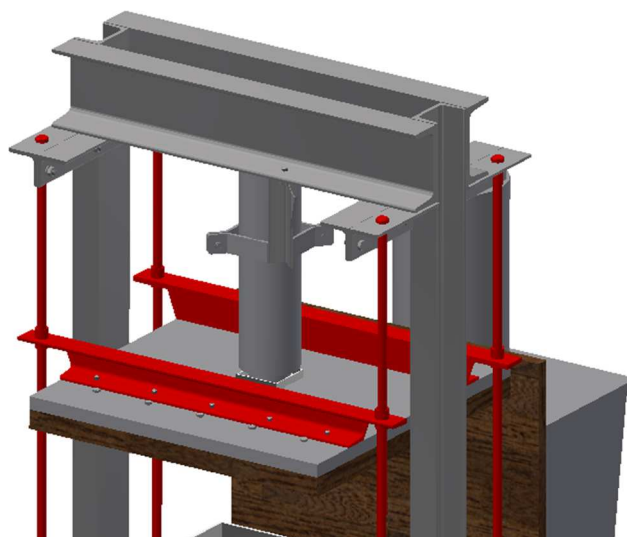
Původní vedení lisovací desky zajišťovala silonová kolečka, která se měla odvalovat po bocích stojny z U-profilu. Ta se však časem opotřebovala do takové míry, že mezi kolečky a profilem vznikla značná vůle. Vedení ztratilo význam, protože lisovací deska se mohla naklápět do různých stran a komplikovala práci při lisování.



Obr. 6.1 Stávající vedení lisovací desky

6.1 Varianta 1

Návrh nového vedení lisovací desky spočívá v nahrazení vodících koleček čtyřmi vodícími tyčemi. Ty zabráňují pohybu lisovací desky do stran a zajišťují přesnější vedení desky při lisování. Vodící tyče jsou vyrobeny z oceli 11 373 normy ČSN 42 5510. Tyče jsou k rámu přichyceny pomocí přivařeného L-profilu s otvory. Proti vysunutí jsou zajištěny pojistnými kroužky v dolní části tyče. Vedení lisovací desky je tvořeno dvěma příčníky z oceli 11 373 normy ČSN 42 5570, které jsou přišroubovány k lisovací desce. Na koncích příčníku jsou vyvrtány otvory, ve kterých jsou vloženy a následně přivařeny trubičky pro zvětšení vodící plochy.



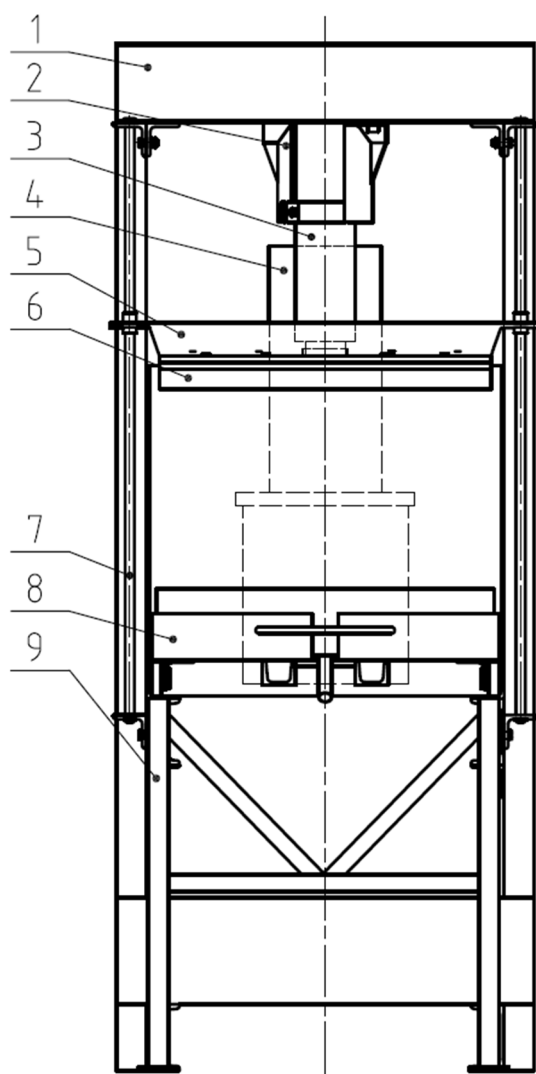
Obr. 6.2 Nové vedení s vodícími tyčemi

6.1.1 Návrh pohonu

Z důvodu případné realizace změny vedení nebyla navržena nová varianta pohonu. Byla použita stávající pohonná jednotka i hydraulický válec. Bylo však změněno umístění hydraulického válce do horní pozice, což je výhodnější poloha pro lisování. Uchycení hydraulického válce v horní pozici je provedeno pomocí objímky se svěrným spojem. Objímka je součástí držáku, který je přišroubován k horním příčnícím. Lisovací deska je k pístu hydraulického válce připevněna osovým šroubem.

Tato pozice umístění hydraulického válce je výhodnější v tom, že lisovací síla bude působit shora přímo na lisovací desku a rozdrcené ovoce. Vozík s rozdrceným ovocem tedy stačí umístit pod lisovací desku a není potřeba další obsluha při lisování.

6.1.2 Schéma upraveného lisu



Obr. 6.3 Schéma upraveného lisu

1. základní rám, 2. držák hydraulického válce, 3. hydraulický válec, 4. pohonná jednotka (motor, nádoba na olej), 5. příčník lisovací desky, 6. lisovací deska, 7. vodící tyče, 8. vozík na ovoce, 9. pojezdové lože

6.1.3 Kontrolní výpočty pro variantu 1

Pevnostní kontrola se bude týkat dílů lisu, které jsou nejvíce zatěžovány při lisování. Konkrétně se jedná o základní rám lisu, kontrolu objímky svěrného spoje a návrh šroubu na přenesení osově síly, kontrolu čepů na vozíku, kontroly svarů na uchycení horních příčníků ke stojně a kontroly svarů pro uchycení podpory pojezdového lože.

Hodnoty potřebné pro výpočet

Tlak hydraulického válce

$$p_L = 150 \text{ atm} = 15,2 \text{ MPa}$$

Lisovací síla

$$F_L = p_L \cdot S_p = p_L \cdot \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} = 15,2 \cdot \frac{\pi \cdot 60^2}{4} = 42977 \text{ N} \quad (6.1)$$

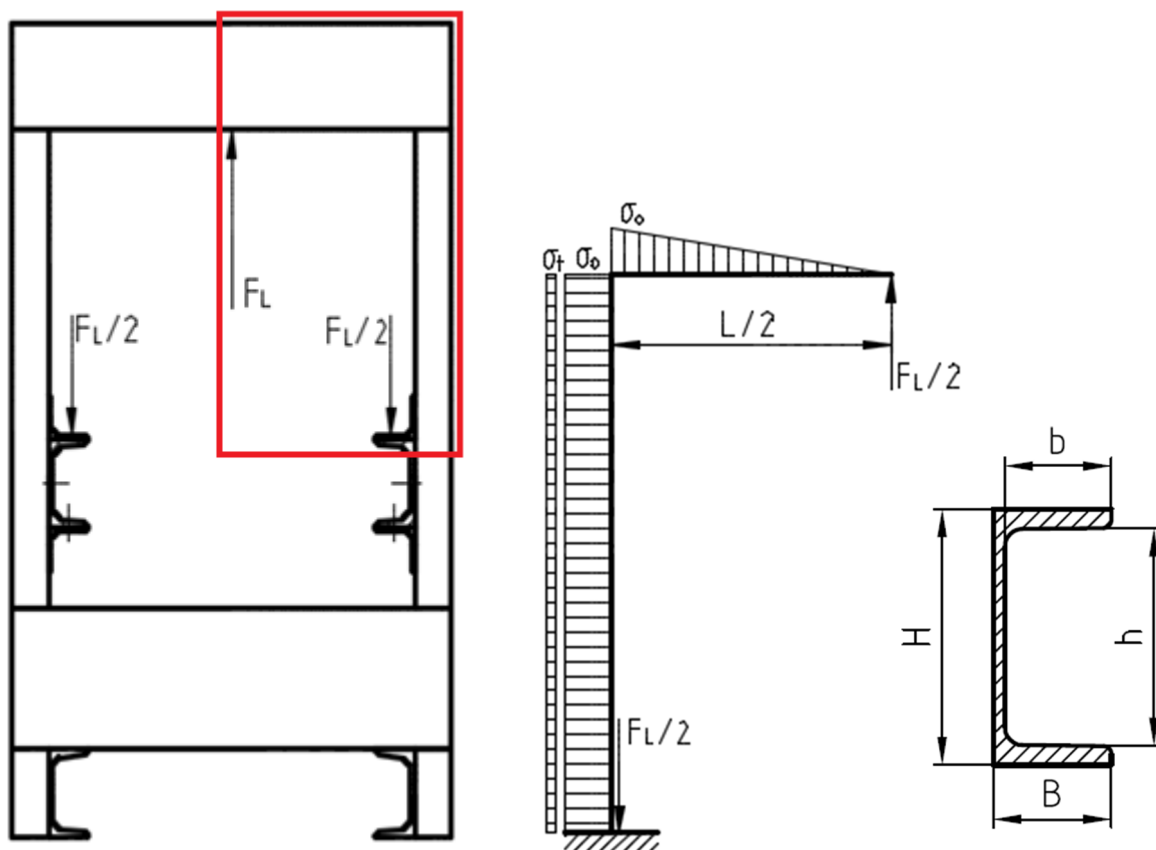
Tlak lisovací desky

$$p_d = \frac{F_L}{S_d} = \frac{42977}{500 \cdot 500} = 0,17 \text{ MPa} \quad (6.2)$$

Kontrola rámu

Horní příčníky jsou při lisování zatíženy reakcí od hydraulického válce a jsou namáhány na ohyb. Stojna při zatížení je deformována ohybovým napětím s přídatným tahem.

Stojna je tvořena normalizovaným profilem U80, ke kterému jsou přivařeny dva příčníky z profilu U120. Materiál profilů je 11 373, kde $R_e = 180 \text{ MPa}$ [12].



Obr. 6.4 Zatížení rámu lisu

Ohybový moment

$$M_o = \frac{F_L}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{42977}{2} \cdot \frac{630}{2} = 6768878 \text{ Nmm} \quad (6.3)$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_o = \frac{B_{U120} \cdot H_{U120}^3 - b_{U120} \cdot h_{U120}^3}{6 \cdot H_{U120}} = \frac{55 \cdot 120^3 - 48 \cdot 100^3}{6 \cdot 120} = 65333,3 \text{ mm}^3 \quad (6.4)$$

kde:

$B_{U120}, b_{U120}, H_{U120}, h_{U120}$ rozměry profilu U120, voleno dle [12]

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{2 \cdot W_o} = \frac{6768878}{2 \cdot 65333,3} = 51,8 \text{ MPa} \quad (6.5)$$

Napětí v tahu

$$\sigma_t = \frac{\frac{F_L}{2}}{S_{U80}} = \frac{\frac{42977}{2}}{1100} = 19,5 \text{ MPa} \quad (6.6)$$

Maximální napětí

$$\sigma_{max} = \sigma_o + \sigma_t = 51,8 + 19,5 = 71,3 \text{ MPa} \quad (6.7)$$

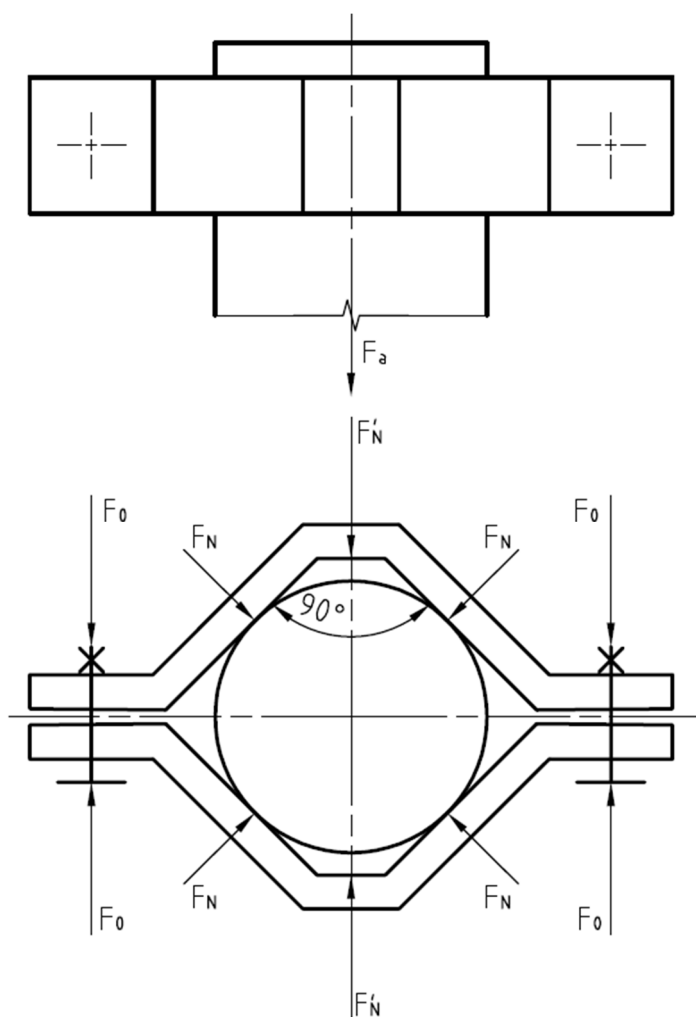
Bezpečnost

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{max}} = \frac{180}{71,3} = 2,5 \quad (6.8)$$

Kontrola svěrného spoje

Svěrný spoj je navržen tak, aby přenesl hmotnost lisovacího zařízení (hydraulický válec, lisovací deska, příčník s vedením). Součástí výpočtu je návrh šroubu na přenesení potřebné osové síly a dostatečné stažení objímky.

Na šroubový spoj je volen šroub třídy pevnosti 4.6.



Obr. 6.5 Působení sil svěrného spoje

Zatěžující hmotnost

$$m = m_{dd} + m_{od} + 2 \cdot m_v + m_{hv} = 6 + 39 + 2 \cdot 3 + 14 = 65 \text{ kg} \quad (6.9)$$

Zatěžující axiální síla

$$F_a = m \cdot g = 65 \cdot 9,81 = 638 \text{ N} \quad (6.10)$$

Výpočet osově síly

Třecí podmínka

$$F_a < F_T$$

$$k \cdot F_a = 4 \cdot F_N \cdot f$$

$$F_N = \frac{k \cdot F_a}{4 \cdot f} = \frac{1,3 \cdot 638}{4 \cdot 0,15} = 1382,3 \text{ N}$$

Z rovnováhy sil $2 \cdot F_o = F'_N = \frac{F_N}{\cos 45^\circ}$ se vypočítá velikost osově síly.

$$F_o = \frac{F'_N}{2} = \frac{F_N}{2 \cdot \cos 45^\circ} = \frac{1382,3}{2 \cdot \cos 45^\circ} = 977,5 \text{ N} \quad (6.11)$$

Návrh šroubu na přenos osově síly

$$R_e = 4 \cdot 6 \cdot 10 = 240 \text{ MPa}$$

$$d'_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot \beta \cdot F_o \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 977,5 \cdot 3}{\pi \cdot 240}} = 4,497 \text{ mm} \quad (6.12)$$

kde:

β koeficient zohledňující vliv neznámého krutu, voleno dle [13]

Pro přenos osově síly je volen šroub M6x1.

Pevnostní kontrola šroubu

Rozměry šroubu M6 potřebné pro výpočet

Šroub M6 kde $d_3 = 4,773 \text{ mm}$, $d_2 = 5,350 \text{ mm}$, $P = 1 \text{ mm}$. [12]

Napětí v tahu

$$\sigma_t = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{977,5}{\frac{\pi \cdot 4,773^2}{4}} = 54,6 \text{ MPa} \quad (6.13)$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk}$$

Krouticí moment

$$M_k = F_o \cdot tg(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 977,5 \cdot tg(3,405^\circ + 9,826^\circ) \cdot \frac{5,350}{2} = 614,8 \text{ Nmm} \quad (6.14)$$

Úhel stoupání závitu

$$\psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\pi \cdot 5,350}\right) = 3,405^\circ$$

Redukovaný třecí úhel

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \arctg\left(\frac{0,15}{\cos \frac{60^\circ}{2}}\right) = 9,826^\circ$$

kde:

f_z součinitel tření mezi závity, voleno dle [13]

Modul průřezu v krutu

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 4,773^3}{16} = 21,4 \text{ mm}^3 \quad (6.15)$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{614,8}{21,4} = 28,7 \text{ MPa} \quad (6.16)$$

Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{54,6^2 + 4 \cdot 28,7^2} = 79,2 \text{ MPa} \quad (6.17)$$

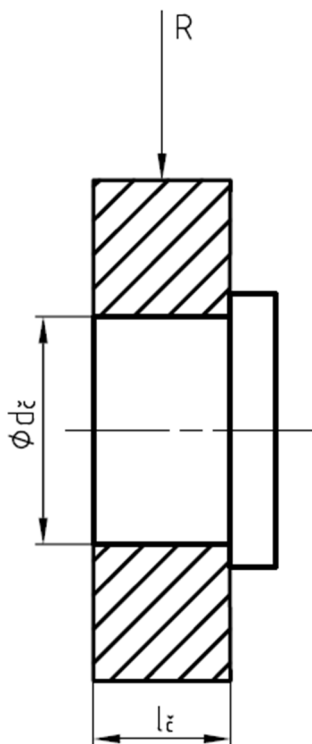
Bezpečnost

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{240}{79,2} = 3,03 \quad (6.18)$$

Kontrola čepů na vozíku

Čepy vozíku jsou kontrolovány na ohyb a otláčení. Lisovací síla se rozloží rovnoměrně na čtyři čepy.

Čepy jsou vyrobeny z materiálu 11 373, kde $R_e = 180 \text{ MPa}$ [12].



Obr. 6.6 Zatížení čepu vozíku

Zatěžující síla

$$R = \frac{F_L}{4} = \frac{42977}{4} = 10744,3 \text{ N} \quad (6.19)$$

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do}$$

Ohybový moment

$$M_o = R \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} = 10744,3 \cdot \frac{15}{2} = 80582,3 \text{ } Nmm \quad (6.20)$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_o = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 25^3}{32} = 1534 \text{ } mm^3 \quad (6.21)$$

Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{80582,3}{1534} = 52,5 \text{ } MPa \quad (6.22)$$

Dovolené napětí pro ohyb

$$\sigma_{Do} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{180}{3} = 60 \text{ } MPa \quad (6.23)$$

$$\sigma_o = 52,5 \text{ } MPa < \sigma_{Do} = 60 \text{ } MPa$$

Vyhovuje

Kontrola na otlačení

$$p_{\check{c}} = \frac{R}{S} \leq p_D$$

$$p_{\check{c}} = \frac{R}{d_{\check{c}} \cdot l_{\check{c}}} = \frac{10744,3}{25 \cdot 15} = 28,7 \text{ } MPa \quad (6.24)$$

Dovolené otlačení pro materiál 11 373 je $p_{\check{c}D} = 100 \text{ } MPa$ [12] (čep se nebude otáčet).

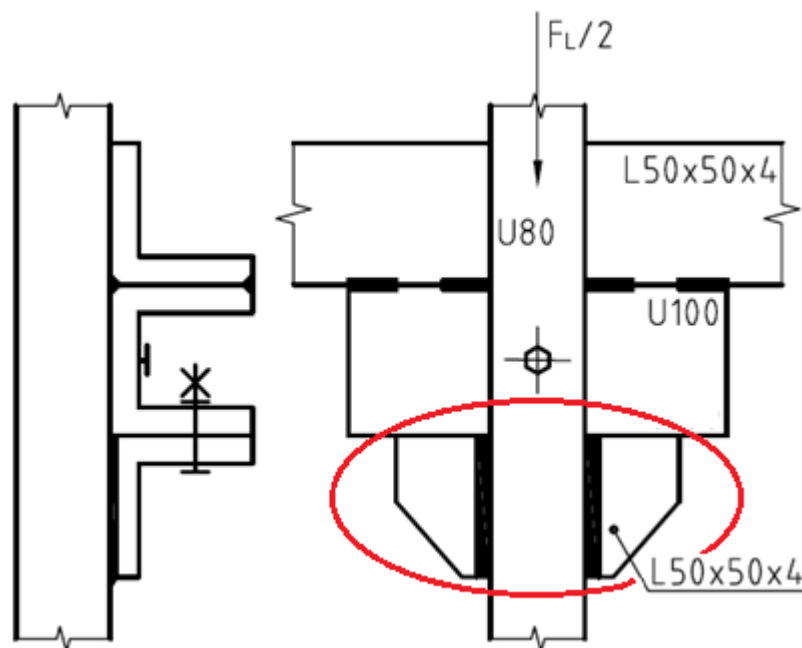
$$p_{\check{c}} = 28,7 \text{ } MPa < p_{\check{c}D} = 100 \text{ } MPa$$

Vyhovuje

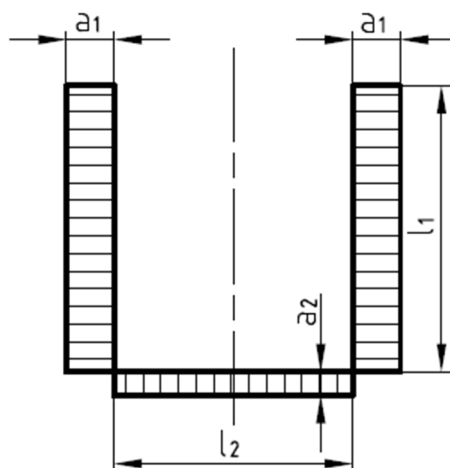
Kontrola svaru podpory pro pojezdové lože

Pro výpočet dovolené hodnoty napětí ve svaru je volena bezpečnost $k_s = 1,3$.

Svařované normalizované profily jsou z materiálu 11 373, kde $R_e = 180 \text{ MPa}$ [12].



Obr. 6.7 Zatížení podpory pro pojezdové lože



Obr. 6.8 Svarová plocha

Napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel}^2 = \frac{F_L}{2} \cdot \frac{F_L}{2} \leq \tau_{\parallel D} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

Svarová plocha

$$S_{SV} = 2 \cdot a_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot l_2 = 2 \cdot 5 \cdot 50 + 3 \cdot 80 = 740 \text{ mm}^2 \quad (6.25)$$

Napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel}^{\frac{F_L}{2}} = \frac{F_L}{S_{SV}} = \frac{42977}{740} = 29 \text{ MPa} \quad (6.26)$$

Dovolené napětí pro smyk

$$\tau_{\parallel D} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s} = 0,8 \cdot \frac{180}{1,3} = 110,8 \text{ MPa} \quad (6.27)$$

kde:

k_4 boční převodní součinitel svaru, voleno dle [13]

$$\tau_{\parallel}^{\frac{F_L}{2}} = 29 \text{ MPa} < \tau_{\parallel D} = 110,8 \text{ MPa}$$

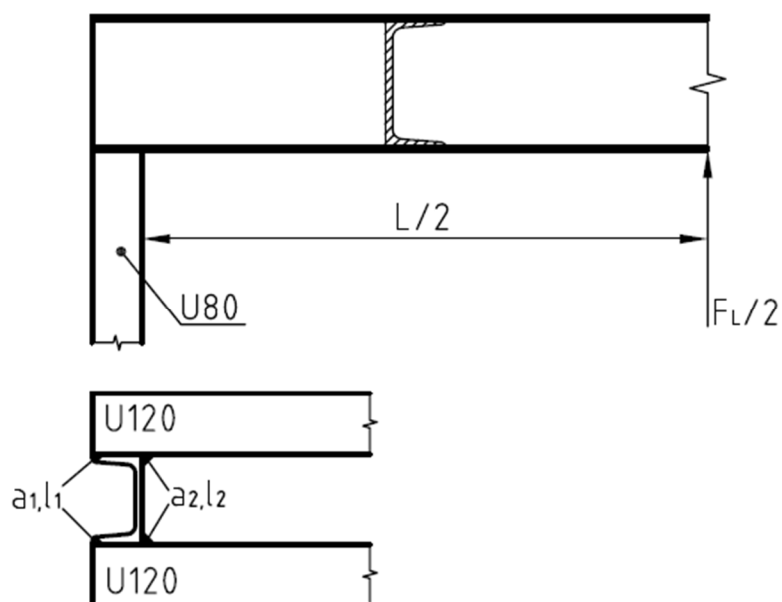
Vyhovuje

Kontrola svaru na ohyb není potřeba, protože ohybové napětí se rozloží na plochu U-profilu, který podpírá lože.

Kontrola svaru horního příčnicku

Pro výpočet dovolených hodnot napětí ve svaru je volena bezpečnost $k_s = 1,3$. Délka svaru $l_1 = l_2$.

Svařované normalizované profily jsou z materiálu 11 373, kde $R_e = 180 \text{ MPa}$ [12].



Obr. 6.9 Zatížení nosníku a umístění koutových svarů

Napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel}^{\frac{F_L}{2}} = \frac{\frac{F_L}{2}}{S_{SV}} \leq \tau_{\parallel D} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

Svarová plocha

$$S_{SV} = 2 \cdot a_1 \cdot l_1 + 2 \cdot a_2 \cdot l_2 = 2 \cdot 4 \cdot 120 + 2 \cdot 8 \cdot 120 = 2880 \text{ mm}^2 \quad (6.28)$$

Napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel}^{\frac{F_L}{2}} = \frac{\frac{F_L}{2}}{S_{SV}} = \frac{\frac{42977}{2}}{2880} = 7,5 \text{ MPa} \quad (6.29)$$

Dovolené napětí pro smyk

$$\tau_{\parallel D} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s} = 0,8 \cdot \frac{180}{1,3} = 110,8 \text{ MPa} \quad (6.30)$$

kde:

k_4 boční převodní součinitel svaru, voleno dle [13]

$$\tau_{\parallel}^{\frac{F_L}{2}} = 7,5 \text{ MPa} < \tau_{\parallel D} = 110,8 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Napětí v ohybu

$$\tau_{\perp}^{\frac{F_L}{2}} = \frac{M_{oF_L/2}}{W_{oSV}} \leq \tau_{\perp DSV} = k_3 \cdot \frac{R_e}{k_s}$$

Ohybový moment

$$M_{oF_L/2} = \frac{F_L}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{42977}{2} \cdot \frac{630}{2} = 6768877 \text{ Nmm} \quad (6.31)$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_{oSV} = 2 \cdot \frac{a_1 \cdot l_1^2}{6} + 2 \cdot \frac{a_2 \cdot l_2^2}{6} = 2 \cdot \frac{4 \cdot 120^2}{6} + 2 \cdot \frac{8 \cdot 120^2}{6} = 57600 \text{ mm}^3 \quad (6.32)$$

Napětí v ohybu

$$\tau_{\perp}^{\frac{F_L}{2}} = \frac{M_{oF_L/2}}{W_{oSV}} = \frac{6768877}{57600} = 117,5 \text{ MPa} \quad (6.33)$$

Dovolené napětí pro ohyb

$$\tau_{\perp D} = k_3 \cdot \frac{R_e}{k_s} = 0,9 \cdot \frac{180}{1,3} = 124,6 \text{ MPa} \quad (6.34)$$

kde:

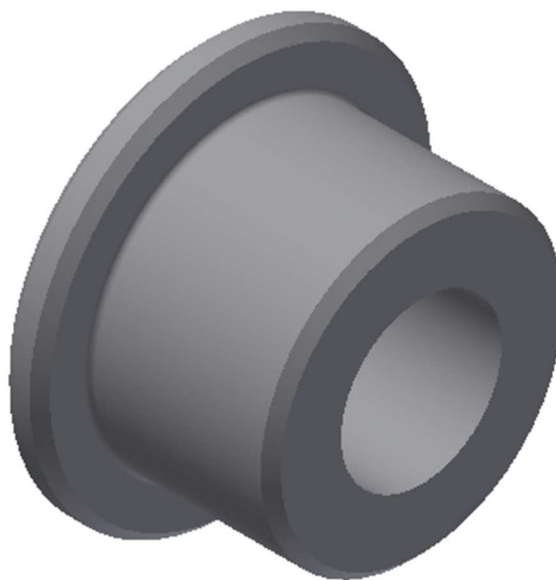
k_3 čelní převodní součinitel svaru, voleno dle [13]

$$\tau_{\perp}^{\frac{F_L}{2}} = 117,5 \text{ MPa} < \tau_{\perp D} = 124,6 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

6.2 Varianta 2

Návrh druhé varianty pro vedení lisovací desky spočívá v nahrazení opotřebovaných silonových koleček. Náhrada by byla provedena za ocelová kolečka s osazením do pravého úhlu. Tak by se zajistila přesná fixace lisovací desky v ose šroubu a ke stěnám vodícího profilu. Nebyla by potřeba nutná úprava rámu ani jiných součástí stávajícího lisu. Tato náhrada je velice jednoduchá, rychlá a levná.



Obr. 6.10 Ocelové kolečko s osazením

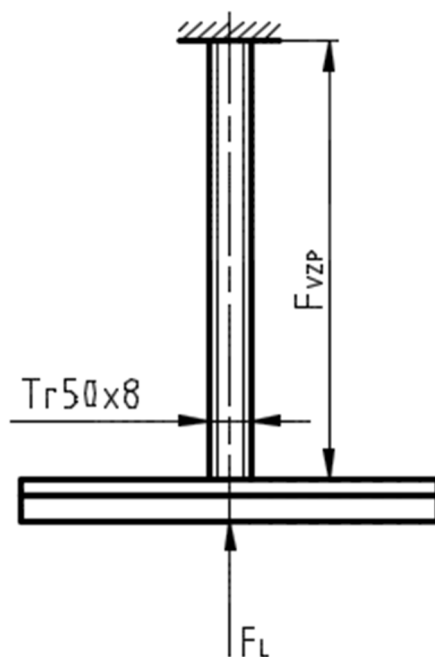
6.2.1 Kontrolní výpočty pro variantu 2

Pro tuto variantu náhrady vedení je provedena pevnostní kontrola stávajícího šroubu s lichoběžníkovým rovnoramenným závitem. Šroub by byl zatěžován lisovací silou.

Rozměry šroubu potřebné pro výpočet

Šroub Tr50x8 kde $d_3 = 41 \text{ mm}$, $d_2 = 46 \text{ mm}$, $P = 8 \text{ mm}$ [12].

Materiál šroubu je 11 423 kde $R_e = 230 \text{ MPa}$ [13].



Obr. 6.11 Zatížení šroubu původního lisu

Pevnostní kontrola šroubu

Napětí v tlaku

$$\sigma_{tl} = \frac{F_L}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{42977}{\frac{\pi \cdot 41^2}{4}} = 32,6 \text{ MPa} \quad (6.35)$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk}$$

Krouticí moment

$$M_k = F_o \cdot tg(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 42977 \cdot tg(3,169^\circ + 8,827^\circ) \cdot \frac{46}{2} = 210033,9 \text{ Nmm} \quad (6.36)$$

Úhel stoupání závitu

$$\psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{8}{\pi \cdot 46}\right) = 3,169^\circ$$

Redukovaný třecí úhel

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \arctg\left(\frac{0,15}{\cos \frac{30^\circ}{2}}\right) = 8,827^\circ$$

kde:

f_z součinitel tření mezi závity, voleno dle [13]

Modul průřezu v krutu

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 41^3}{16} = 13532,6 \text{ mm}^3 \quad (6.37)$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{210033,9}{13532,6} = 15,5 \text{ MPa} \quad (6.38)$$

Redukované napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{tl}^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{32,6^2 + 4 \cdot 15,5^2} = 45 \text{ MPa} \quad (6.39)$$

Bezpečnost

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{230}{45} = 5,1 \quad (6.40)$$

Kontrola šroubu na vzpěr

Při maximálním vysunutí je šroub zatížen tlakovým napětím s přidavným ohybem. Je tedy potřeba kontrola šroubu na vzpěr.

Použité vzorce pro kontrolu na vzpěr viz. [13].

Minimální kvadratický poloměr průřezu

$$j_{min} = \sqrt{\frac{J_{MIN}}{S_3}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot d_3^4}{64}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}}} = \frac{d_3}{4} = \frac{41}{4} = 10,25 \text{ mm} \quad (6.41)$$

Štíhlostní poměr

$$\lambda_s = \frac{L_{VZP}}{j_{min}} = \frac{496}{10,25} = 48,4 \quad (6.42)$$

Tab. 1 Materiálové konstanty [14]

Materiál	a [MPa]	b [MPa]	c [MPa]	λ_m [-]
Ocel	320	1,2	0	90
Litina	776	12	0,053	80
Dřevo	29,3	0,194	0	110

Porovnání štíhlostního poměru s mezní štíhlostí

$$\lambda_s = 48,4 < \lambda_m = 90 \Rightarrow \text{výpočet podle Tetmayera}$$

Kritické napětí podle Tetmayera

$$\sigma_T = a - b \cdot \lambda_s = 320 - 1,2 \cdot 48,4 = 261,9 \text{ MPa} \quad (6.43)$$

Kritická síla

$$F_{KR} = \sigma_T \cdot S_3 = \sigma_T \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = 261,9 \cdot \frac{\pi \cdot 41^2}{4} = 345774,6 \text{ N} \quad (6.44)$$

Výpočet vzpěrné bezpečnosti

$$k_{TET} = \frac{F_{KR}}{F_L} = \frac{345774,6}{42977} = 8,04 \quad (6.45)$$

7 Závěr

Cílem této práce byl návrh vhodné opravy vedení horní lisovací desky s případným návrhem vhodnějšího umístění zdroje lisovací síly. Snahou bylo ponechání původního rámu v nezměněném stavu nebo pouze s minimálními úpravami. Dále použití stávající pohonné jednotky, která vytváří lisovací sílu.

Úvod práce se zabývá obecnou definicí, typy a použitím lisů v různých odvětvích průmyslu. Dále byl proveden průzkum, jaká zařízení se používají k výrobě moštu. Průzkum se konkrétně týkal drtičů na ovoce a moštovacích lisů. Rozdělení těchto zařízení je podle způsobu pohonu a u moštovacích lisů ještě podle velikosti nádoby na ovocnou šťávu.

Pro řešení dané problematiky, která se týkala opravy vedení horní lisovací desky, byly navrženy dvě varianty řešení. Jako varianta 1 bylo navrženo vedení pomocí čtyř vodících tyčí a příčníků přišroubovaných k lisovací desce. Pro tuto variantu byla navržena i změna umístění hydraulického válce i jeho uchycení k základnímu rámu. Tato oprava zajistí přesné vedení lisovací desky. Změnou umístění hydraulického válce do horní pozice odpadá problém s obsluhou vozíku s ovocem, protože dochází pouze k pohybu lisovací desky. Pro toto řešení byla provedena pevnostní kontrola rámu, návrh svěrného spoje pro uchycení hydraulického válce k rámu s návrhem šroubu na stažení objímky, kontrola čepů na vozíku s ovocem, kontrola svarů pro uchycení horních příčníků a kontrola svarů podpory pro pojezdové lože. Jako varianta 2 byla navržena výměna opotřebovaných silonových koleček za kolečka ocelová s osazením. Jedná se o velice snadnou, levnou a rychlou opravu. Není zde potřeba volit jiné umístění hydraulického válce, protože nedojde k žádné další úpravě rámu ani jiných částí stávajícího lisu. Pro tuto variantu byla provedena pevnostní kontrola a kontrola na vzpěr původního šroubu při maximálním vyšroubování.

Provedené pevnostní výpočty pro variantu 1 i pro variantu 2 vyhovují vzhledem k dovolenému napětí. Dovolené napětí je vypočteno pro mez kluzu zvoleného materiálu a pro zvolenou bezpečnost. Vypočtené statické bezpečnosti také dosahují vyšší hodnoty než 2, což je vhodná minimální hodnota pro bezpečné zařízení.

V případě realizace opravy bych doporučil volit jednodušší způsob, tudíž variantu 2. Jediné náklady vynaložené na tuto opravu by byly na výrobu ocelových koleček s osazením.

8 Literatura

- [1] Lis. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2012 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lis>
- [2] *Drtiče a mlýny na ovoce – Drtič na ovoce ruční* [online]. [cit.2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.tip-pv.cz/drtic-na-ovoce-rucni.php>
- [3] *Drtiče a mlýny na ovoce – Drtič na ovoce elektrický* [online]. [cit.2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.tip-pv.cz/drtic-na-ovoce-elektricky.php>
- [4] *Nerezový drtič ovoce, řepy, brambor, kořenové zeleniny atd.* [online]. [cit.2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.driml-napajacky.cz/cz/staj-farma/srotovníky--mackace--rezacky--pripravny-krmiva/nerezovy-drtic-ovoce-repy-brambor-korenove-zeleniny-atd-2012627.html>
- [5] *Výroba a uchovávání moštů, ovocných vín a kvašených ovocných nápojů.* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: www.maskrajinasrdce.cz/files/Výroba%20a%20uchování%20moštů,%20HOT.docx
- [6] *Šroubový lis na ovoce* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.semena-rostliny.cz/kategorie22/7632-lis-na-ovoce-ruatn-6l.html>
- [7] *Lis na ovoce - hydrolis* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.kovodel.cz/doplňkový-sortiment/lis-na-ovoce/>
- [8] *100l Hydro - lis* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <http://mandycz.cz/100-l.-hydro-lis-100-l.-nadoba-zdarma/p-495696>
- [9] *Lisy na ovoce – hydraulické* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.tip-pv.cz/lisy-na-ovoce-hydraulicke.php>
- [10] *Lisy na ovoce se zvedákem nahoře* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.give.cz/p/tip-lis-na-ovoce-50l-hydraulicky>
- [11] *Lis na ovoce 20l hydraulický* [online]. [cit.2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.garden-technik.cz/tip-lis-na-ovoce-20-l-hydraulicky-tip>

[12] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

[13] KALÁB, Květoslav. VŠB-TU Ostrava. *Části a mechanismy strojů – teorie + příklady: Vysokoškolská příručka*. Ostrava, 2015, 411 s.

[14] HALAMA, Radim. a kol.: *Pružnost a pevnost* [online]. Ostrava, 2011, 254 s. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z:

http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/pruznost_a_pevnost.pdf

Seznam příloh

Výkresová dokumentace - sestavný výkres původního lisu

- sestavný výkres varianty 1
- výrobní výkres základního rámu varianty 1

Datový nosič CD s obsahem